SCHL CMHC

Question habitation, comptez sur nous

Canada

92-04339/

POMPES À CHALEUR SOL-EAU:

GUIDE TECHNIQUE

Pompes à chaleur sol-eau
Guide technique

Document préparé pour
la Division de la recherche
Société canadienne d'hypothèques et de logement

par
la société REIC

Août 1990

Introduction

Le présent guide porte sur l'un des plus récents progrès de la technologie du chauffage et du refroidissement des locaux d'habitation : les pompes à chaleur sol-eau*. Le guide aborde tous les aspects des PAC sol-eau, depuis leur fonctionnement et installation jusqu'aux essais de rendement, dans un langage clair et non technique.

Le guide s'adresse surtout à des constructeurs d'habitations, et en particulier à ceux qui ont à choisir un système de chauffage. Le guide contient donc des informations et des considérations qui peuvent influencer ce genre de décision. Les architectes, les concepteurs, les ingénieurs et les constructeurs qui connaissent le fonctionnement des PAC sol-eau seront plus en mesure de tenir compte de cette possibilité dans la planification des installations de chauffage des locaux.

Les pompes à chaleur sol-eau sont des systèmes uniques. Contrairement aux appareils qui produisent de la chaleur par la combustion ou qui transforment l'électricité en chaleur, les pompes à chaleur sol-eau puisent leur pouvoir calorifique et réfrigérant dans le plus vaste accumulateur solaire de la planète, c'est-à-dire la Terre elle-même. On estime que l'énergie thermique qui se trouve juste en dessous de la surface terrestre dépasse de 2 000 fois les réserves globales actuelles et confirmées de toutes les autres sources énergétiques de la planète réunies.

La pompe à chaleur sol-eau permet de récupérer et de transformer cette immense ressource d'énergie thermique, et elle le fait de façon très efficace, fournissant typiquement trois unités d'énergie sous forme de chaleur pour chaque unité d'énergie consommée. Il peut en résulter des économies de 65 % sur les coûts énergétiques annuels.

Devant les progrès constants de la technologie et la hausse continuelle des prix de l'énergie, les pompes à chaleur sol-eau commencent à représenter pour les consommateurs canadiens un système de chauffage extrêmement intéressant et bon marché. Les services publics d'électricité considèrent désormais les PAC sol-eau comme la principale priorité en matière d'économies d'énergie.

---

*Une pompe à chaleur sol-eau (en anglais : earth energy systems) est un système qui peut puiser son énergie non seulement dans le sol, mais aussi dans la nappe souterraine et les eaux de surface.

Contenu

Le présent guide contient la plupart des renseignements nécessaires à une bonne connaissance des pompes à chaleur sol-eau. La première section donne un aperçu général de certaines idées et conceptions erronées qu'on se fait au sujet des PAC sol-eau.

La deuxième section traite des concepts fondamentaux du fonctionnement, de la conception et des applications. Une lecture attentive de cette section permettra au lecteur de bien connaître à la fois les avantages et les limites des pompes à chaleur sol-eau.

La troisième section établit une comparaison entre les PAC sol-eau et quatre autres systèmes de chauffage conventionnels. Les comparaisons ne se limitent pas aux coûts, mais tiennent compte des cinq éléments qu'il convient de considérer dans toute planification du chauffage et du refroidissement des locaux d'habitation.

La quatrième et dernière section fournit des exemples et des illustrations du fonctionnement des PAC sol-eau. Les principes abordés antérieurement sont ainsi mis en pratique.

Pompes à chaleur sol-eau Perceptions et conceptions erronées

Durant la préparation du présent guide, des sondages informels ont été effectués auprès d'architectes et de constructeurs dans différentes régions du Canada. Il s'agissait de cerner les idées qu'on se fait des PAC sol-eau dans l'industrie du bâtiment en général. Deux seules questions ont été posées : avez-vous recours aux PAC sol-eau? et, dans la négative, pourquoi pas?

Le sondage a également mis en évidence plusieurs conceptions erronées au sujet des PAC sol-eau. Deux raisons principales expliquent cette situation : des idées dépassées au sujet des techniques mises en jeu et des renseignements erronés au sujet de l'installation et du fonctionnement.

Les sept conceptions erronées les plus répandues sont décrites ci-dessous.

1. ***Les pompes à chaleur sol-eau coûtent trop cher. Elles ne sont pas une source de chaleur rentable.***

   En général, une pompe à chaleur sol-eau est un système de chauffage des locaux qui coûte plus cher à installer.

   Toutefois, les PAC sol-eau offrent un certain nombre d'avantages qui en font souvent un meilleur choix que d'autres options, et un choix meilleur marché lorsque les coûts sont comptabilisés en fonction de la durée de vie de l'équipement. Tout d'abord, une PAC sol-eau entraîne une réduction de plus de 65 % des coûts de chauffage des locaux relativement à la plupart des systèmes de chauffage conventionnels. Une PAC sol-eau peut également assurer le refroidissement des locaux, la déshumidification et 100 % de l'eau chaude sanitaire à une fraction du coût occasionné par des moyens conventionnels. Ces économies font que la période de récupération compte généralement de trois à cinq années, et rarement plus de sept.

   Deuxièmement, une PAC sol-eau peut être considérée comme un placement. Une maison qui répond aux futurs besoins d'économies d'énergie est appelée à maintenir une valeur marchande plus élevée avec le temps.

   Enfin, les PAC sol-eau représentent actuellement une grande priorité parmi les services publics d'électricité qui se soucient des économies d'énergie. Déjà, certains services offrent une remise pour les PAC sol-eau installées dans des régions non desservies par le gaz naturel.

2. ***Les PAC sol-eau sont compliquées et donc peu fiables.***

Les pompes à chaleur sol-eau ne sont pas plus compliquées qu'un réfrigérateur ou un climatiseur, appareils dont la plupart des Canadiens se servent depuis des générations. Tous se fondent sur les mêmes techniques bien simples de transfert de la chaleur.

Plus particulièrement, la pompe à chaleur sol-eau a bénéficié de l'attention accordée à une technologie en pleine croissance. Les systèmes sont extrêmement fiables, utilisant des éléments mis au point et intégrés après des années de recherche, d'essais et d'expérience.

Comme c'est le cas pour d'autres techniques qui ont évolué, les premiers systèmes ont causé des difficultés, liées surtout à une mauvaise installation. L'Association canadienne de l'énergie du sol (ACES) s'est efforcée de corriger ces premières erreurs. Les installateurs doivent désormais recevoir une formation avant d'être agréés par l'association.

L'ACES garantit désormais le service et le rendement des PAC sol-eau pendant une période de cinq ans.

3. ***Les pompes à chaleur sol-eau sont encombrantes.***

Les gens pensent que les PAC sol-eau exigent une grande surface pour l'installation. Par conséquent, on craint que d'autres services soient perturbés. On craint aussi qu'elles nuiront aux plans d'avenir des propriétaires qui songeraient à installer une piscine, par exemple.

En réalité, une PAC sol-eau peut se limiter à un espace très restreint. En effet, dans un système vertical, les tubes extérieurs peuvent être installés sous un seul et même rosier. Par contre, un système horizontal exige un espace plus grand. Il est utilisé le plus souvent dans des régions rurales où les contraintes d'espace sont moins sévères.

4. ***Les pompes à chaleur sol-eau ne fonctionnent pas très bien dans le climat canadien.***

C'est peut-être là la principale conception erronée. Les PAC sol-eau donnent leur meilleur rendement lorsqu'il y a une grande différence entre la température de l'air et la température du sol sous la profondeur de pénétration du gel, comme c'est le cas presque partout au Canada.

La Suède, dont le climat est très semblable à celui du Canada, est également responsable d'une bonne partie du développement original des PAC sol-eau appliquées aux habitations. Avec une population comparable à celle de l'Ontario, la Suède compte plus de 170 000 PAC sol-eau, dont 25 % se trouvent au nord du cercle polaire arctique. Ce grand nombre de PAC sol-eau a permis à la Suède de réduire ses besoins en combustible importé et de reporter la construction de deux centrales nucléaires.

5. ***Les pompes à chaleur sol-eau exigent un sol de type particulier. On ne peut pas les installer dans une région de pergélisol.***

   On peut installer une PAC sol-eau dans n'importe quel sol, qu'il soit sablonneux ou rocheux. Bien entendu, le forage aura une influence sur les coûts d'installation.

   L'expérience de la Suède semble démentir l'affirmation selon laquelle les PAC sol-eau ne peuvent pas être installées dans une région de pergélisol. Des expériences récentes dans le Nord canadien ont d'ailleurs permis d'assurer l'intégrité du pergélisol grâce à l'utilisation de PAC sol-eau.

6. ***Les pompes à chaleur sol-eau sont bruyantes.***

   Cette conception semble remonter à l'expérience des premières pompes à chaleur air-air et au bruit que produisait le ventilateur. Les PAC sol-eau pour leur part sont extrêmement silencieuses.

7. ***Je n'en ai jamais entendu parler.***

   Ce n'est pas surprenant quand il s'agit d'une technologie de pointe. Or cette situation devrait changer à mesure que la technologie évolue et que les prix continuent de baisser.

   L'intérêt des consommateurs commence également à faire augmenter la demande de PAC sol-eau, surtout que le public est de plus en plus sensibilisé à l'environnement intérieur et extérieur. Les pompes à chaleur sol-eau sont extrêmement sûres. Il n'y a pas de combustion, et donc aucune flamme, ni de gaz de combustion pour influencer la qualité de l'air intérieur. À l'extérieur de la maison, les PAC sol-eau ne polluent ni le sol, ni l'eau, ni l'air. De plus, le fonctionnement du système comme tel n'exige aucun combustible fossile.

Pompes à chaleur sol-eau
Connaissances techniques

Aperçu général

Fonctionnement

Performance

Avantages et limites

Coûts types

Critères de sélection

Conception d'une pompe à chaleur sol-eau

Aperçu général

Le recours à l'énergie de la Terre pour le chauffage et le refroidissement est une vieille science bien établie qui s'est développée grâce à l'apparition de nouveaux matériaux comme les matières plastiques haute densité et à l'amélioration des techniques de réfrigération.

Une PAC sol-eau bien dimensionnée et installée peut satisfaire toutes les exigences de chauffage des locaux dans une habitation, aussi grande soit-elle. Il suffit d'inverser le «cycle» d'une PAC sol-eau pour qu'elle réponde à toutes les exigences de refroidissement de l'habitation.

La présente section décrit le fonctionnement des différents types de PAC sol-eau, leurs caractéristiques de performance, quelques-uns des avantages et des limites de ces appareils, ainsi que les méthodes d'installation.

Fonctionnement

Les pompes à chaleur sol-eau comportent trois éléments ou cycles distincts : un réseau de tubes plastiques enfouis dans le sol à l'extérieur de la maison, une pompe à chaleur située à l'intérieur de la maison et un système de distribution d'air constitué de conduits et de prises d'air. À cela on peut ajouter l'alimentation en eau chaude sanitaire.

Tout appareil dont l'utilisation est approuvée au Canada devrait porter l'étiquette ACES qui garantit le rendement et décrit les applications appropriées.

Tubes enfouis dans le sol

On établit généralement une distinction entre les systèmes à boucle fermée dans le sol et les systèmes ouverts avec source d'eau.

Boucle dans le sol : Les systèmes à boucle fermée puisent la chaleur directement dans le sol. Ces systèmes comportent une boucle continue de tubes plastiques enfouie dans le sol et dans laquelle circule une solution d'eau et d'antigel. On peut placer cette boucle horizontalement dans des tranchées ou en position verticale dans des trous (voir les figures 1 et 2).

Le fluide qui circule dans le tube absorbe la chaleur du sol et la transporte vers un échangeur de chaleur qui se trouve à l'intérieur de l'habitation.

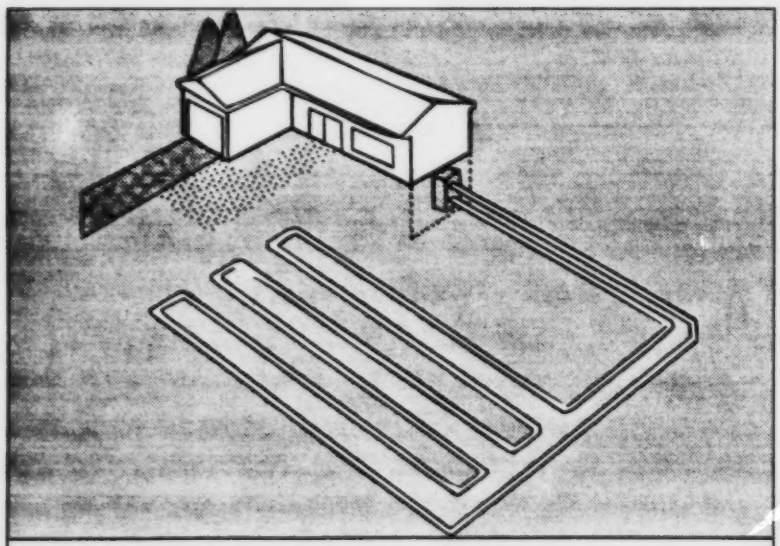


Figure 1 : Système fermé à boucle enfouie dans le sol - installation horizontale

Choix d'une configuration

Le choix d'un système horizontal ou vertical dépend de plusieurs facteurs : surface disponible, type et conditions de sol, frais d'excavation.

Les grandes surfaces libres de pierres sont idéales pour une installation horizontale. On peut réduire la surface requise en ayant recours à plusieurs tubes ou à des serpentins en spirale.

Les systèmes verticaux sont plus économiques et efficaces dans des espaces restreints, par exemple dans les habitations en banlieue.

Lorsque l'un ou l'autre choix est possible, la décision devrait être prise en fonction d'une étude de coûts effectuée par un entrepreneur agréé dûment autorisé par l'ACES.

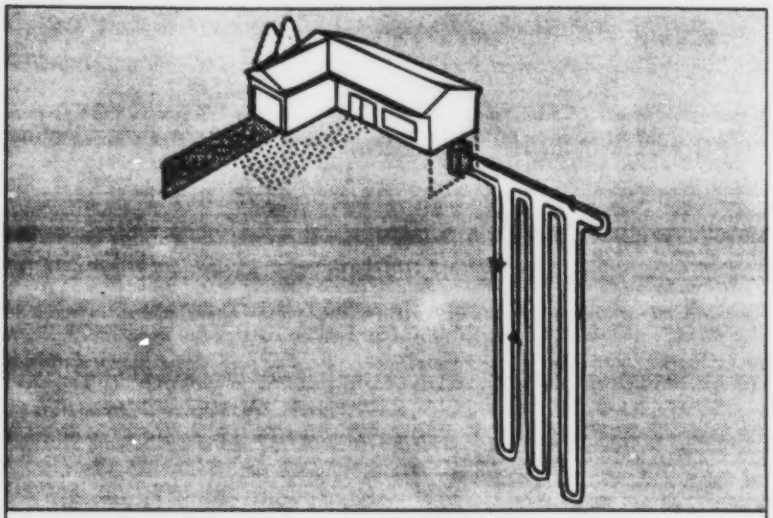


Figure 2 : Système fermé à boucle enfouie dans le sol - installation verticale

Source d'eau : Un système ouvert avec source d'eau puise la chaleur qui se trouve dans les cours d'eau souterrains. L'eau est aspirée par un puits directement vers l'échangeur de chaleur, où elle est extraite et transformée avant d'être distribuée à l'intérieur de la maison. L'eau est ensuite rejetée vers le cours d'eau souterrain en passant par un puits distinct, creusé ou foré.

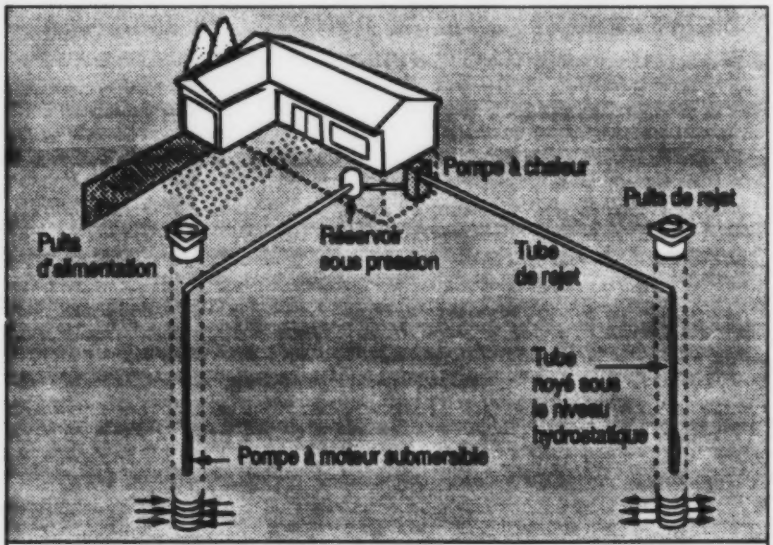


Figure 3 : Système ouvert à boucle sur eau

Une PAC sol-eau peut également faire appel à un cours d'eau en plein air comme un lac ou un étang. On parle alors d'une boucle lacustre. Dans ce cas, on recommande un système fermé. Des circuits ouverts ont été employés, mais avec un succès limité.

La pompe à chaleur

Cycle de chauffage

Lorsque le fluide en circulation atteint la pompe à chaleur, un autre échange thermique a lieu, cette fois entre le fluide en circulation et une boucle scellée sous pression qui contient un frigorigène. De par sa nature, ce frigorigène bout et se transforme en vapeur à de très faibles températures. La vapeur franchit alors un cycle de compression. Le compresseur augmente la température de la vapeur en comprimant les molécules du frigorigène les unes contre les autres.

Le gaz chauffé traverse le serpentin d'un condenseur, où un troisième échange thermique se produit. L'air soufflé contre le serpentin du condenseur absorbe la chaleur du gaz frigorigène. L'air chauffé traverse alors un système de conduits et il est distribué dans la maison. Après avoir cédé sa chaleur, le gaz frigorigène traverse un appareil de détente. Sous l'effet d'une baisse de température et de pression, la vapeur retourne à son état liquide, et le cycle peut recommencer (figure 4).

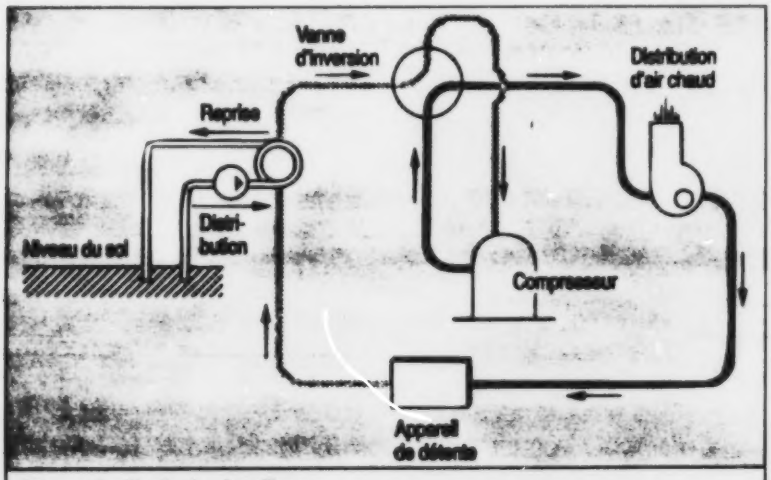


Figure 4 : Cycle de chauffage

Cycle de refroidissement

Le cycle de refroidissement est essentiellement l'inverse du cycle de chauffage. La direction d'écoulement du frigorigène est inversée à l'aide d'une vanne. L'air chaud intérieur franchit le serpentin de l'évaporateur. Le frigorigène absorbe la chaleur de l'air intérieur, et la transporte vers la nappe souterraine ou le mélange d'antigel, qui passe dans le sol où la chaleur excédentaire est rejetée vers la terre (figure 5).

Fluide en circulation

L'eau à elle seule ne saurait servir de fluide en circulation. Tout d'abord, le point de congélation de l'eau est relativement élevé à 0 °C. Deuxièmement, l'eau subit une expansion au moment de la congélation, ce qui peut causer des problèmes dans les climats nordiques.

Dans la pratique, il faut choisir un fluide à point de congélation moins élevé si la température du frigorigène de l'évaporateur se rapproche de 0 °C. Dans de tels cas, on emploie un mélange d'eau et d'antigel.

Des solutions d'antigel comme le méthanol et l'eau ou le propylèneglycol et l'eau ont donné de bons résultats. Ces solutions ne réagissent pas avec le tube, et elles possèdent des caractéristiques d'échange thermique relativement bonnes.

Quelle que soit la solution choisie, il importe de déterminer si elle est acceptable aux autorités réglementaires locales.

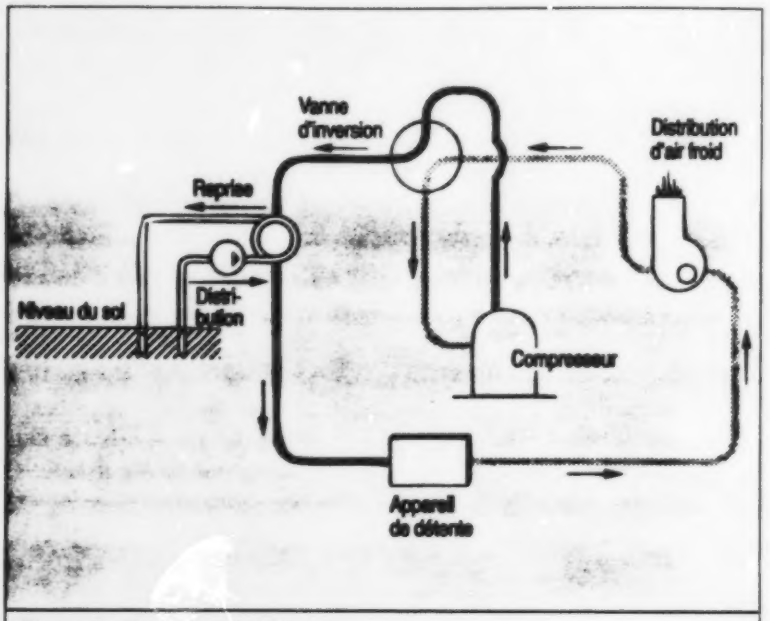


Figure 5 : Cycle de refroidissement

Eau chaude sanitaire

Il existe deux sources de chaleur pour l'eau chaude sanitaire. Dans certains systèmes, un appareil de récupération de la chaleur (appelé désurchauffeur) absorbe la chaleur du gaz frigorigène lorsque celui-ci quitte le compresseur, mais avant qu'il n'atteigne le serpentin du condenseur. L'eau du chauffe-eau est pompée dans un serpentin en amont du serpentin du condenseur, et elle absorbe une partie de la chaleur qui se serait dissipée au niveau du condenseur.

D'autres systèmes chauffent l'eau sur demande : l'appareil tout entier se met à produire de l'eau chaude sanitaire lorsque le besoin s'en fait sentir. C'est là une source très rapide de chaleur, 4,5 fois plus rapide que l'immersion électrique. Même lorsque le réservoir a été vidé, on ne remarque aucun changement de confort à l'intérieur de la maison lorsque la PAC sol-eau passe au mode de production d'eau chaude sanitaire.

Distribution

Les PAC sol-eau ne fournissent pas de l'air aussi chaud pour le chauffage que les générateurs de chaleur alimentés par des combustibles fossiles. Des grilles à registre distribuent l'air dans les locaux à environ 50°C.

Compte tenu des températures légèrement moins élevées, l'air doit être soufflé et mélangé à l'air intérieur afin que la température soit uniforme et ne cause pas de perte de confort pour les occupants. Par conséquent, la conception des conduits et la position des grilles sont extrêmement importantes pour le bon fonctionnement d'une PAC sol-eau.

En règle générale, les systèmes de distribution d'une PAC sol-eau devraient être capables d'assurer un débit de 20 à 30 % plus élevé que celui des générateurs-pulseurs d'air chaud centraux. Cela permet de fournir de plus grands volumes d'air, bien qu'à une température plus faible, ce qui réduit davantage la possibilité de courants d'air et de points froids.

De plus, les restrictions du débit d'air diminuent l'efficacité, et peuvent endommager le compresseur après un certain temps.

Des grilles périphériques dans le plancher sont recommandées en vue d'une distribution idéale de l'air. Pour un confort optimal, il convient de placer les grilles le long des murs extérieurs, de préférence sous les fenêtres. Un tel agencement assure une bonne distribution de l'air et le confort des occupants en été comme en hiver puisque l'air conditionné est projeté de façon verticale vers le plafond.

Pour ce qui est des grilles de reprise d'air, on en recommande une à la fois au bas et au haut d'un mur dans chaque pièce. La reprise au bas d'un mur est plus efficace durant la saison de chauffage, car elle achemine l'air plus frais vers la pompe à chaleur, et permet de réduire la différence de la température de l'air entre le plafond et le plancher. Durant la saison de climatisation, la reprise au haut d'un mur est plus efficace, car elle aspire l'air chaud qui se trouve près du plafond et permet de garder la pièce plus fraîche.

Qualité de l'air

La qualité de l'air intérieur est aussi importante dans le cas d'une PAC sol-eau que pour tout autre système de chauffage, surtout dans une nouvelle maison qui s'inspire de normes de construction plus rigoureuses.

Le maintien d'une saine qualité de l'air intérieur exige que le système de distribution de l'air soit muni d'un filtre à haute efficacité et permette une introduction d'air extérieur. Les PAC sol-eau peuvent être conçues de façon à fonctionner conjointement avec un système de ventilation contrôlée comme un ventilateur-récupérateur de chaleur.

Remarque : Si trop d'air extérieur franchit un serpentin à détente directe, la pompe à chaleur risque d'être surchargée.

Performance

Un des principaux critères du choix d'un système de chauffage est son fonctionnement. Autrement dit, utilise-t-il son combustible de façon efficace.

L'efficacité d'une PAC sol-eau s'exprime en fonction de son coefficient de performance (COP), ou de son coefficient de performance saisonnier (CPS). Le COP indique le rapport entre la chaleur fournie et l'énergie consommée, et il correspond à l'efficacité uniforme des générateurs de chaleur au mazout et au gaz.

Une CAP sol-eau typique a un COP de 3,3 (la norme C446-M89 de la CSA exige un minimum de 3,0). Cela signifie que pour chaque kWh d'électricité consommée par la pompe à chaleur, 3,3 kWh de chaleur sont distribués dans la maison. Cette valeur se compare favorablement à celle d'autres générateurs de chaleur.

- pompe à chaleur sol-eau — COP 3,0 - 4,0
- pompe à chaleur air-air — COP 1,5 - 3,0*
- générateur de chaleur à résistances électriques — COP 1,0
- générateur de chaleur au mazout à haut rendement — COP 0,9
- générateur de chaleur au gaz à haut rendement — COP 0,9

Les coefficients d'efficacité varient légèrement lorsqu'on les répartit sur l'ensemble d'une saison de chauffage. C'est pourquoi on utilise également un coefficient de performance saisonnier (CPS) pour mesurer l'efficacité.

Le CPS se définit comme le COP «moyen» d'une pompe à chaleur durant toute la saison de chauffage, et il tient compte de la consommation et de la production d'énergie de la pompe à chaleur dans différentes conditions au cours de la saison. Le CPS indique également l'inefficacité du système comme le cyclage de la PAC sol-eau et l'énergie consommée par le chauffage d'appoint. Même dans ces conditions, une pompe à chaleur sol-eau atteint un coefficient favorable.

**À 10 °C, une pompe à chaleur air-air atteint un COP de 3,0 environ. Lorsque la température baisse, le COP diminue également. À -10 °C, une pompe à chaleur air-air aura un COP de 1,5 environ, ce qui se compare favorablement avec d'autres sources de chaleur conventionnelles comme la résistance*

électrique, le mazout et le gaz. Les PAC sol-eau ne sont pas influencées par une baisse de température, et le COP demeure constant.

- pompe à chaleur sol-eau — CPS 2,5 - 3,0
- pompe à chaleur air-air — CPS 1,2 - 1,6
- générateur de chaleur à résistances électriques — CPS 1,0
- générateur de chaleur au mazout à haut rendement — CPS 0,7
- générateur de chaleur au gaz à haut rendement — CPS 0,7

Le recours à une PAC sol-eau au lieu d'un générateur de chaleur au mazout ou au gaz peut entraîner des économies d'énergie de 65 % au cours d'une saison de chauffage. Une PAC sol-eau offre des économies de plus de 50 % relativement à une pompe à chaleur air-air. Les économies réelles varient en fonction du climat local, du coût de l'électricité et de la puissance de l'appareil.

Dans le choix d'un système de chauffage des locaux, il faut tenir compte du pouvoir de refroidissement et de l'eau chaude sanitaire «gratuite» qu'offre une PAC sol-eau.

L'efficacité de refroidissement est évaluée à l'aide du taux de rendement énergétique (TRE) ou du taux de rendement énergétique saisonnier (TRES).

Le TRE se définit comme le rapport entre l'énergie rejetée de la maison et l'énergie consommée par la pompe à chaleur. Si le TRE est calculé en fonction de l'ensemble de la saison de refroidissement, on obtient le TRES.

Une PAC sol-eau qui est convenablement dimensionnée, installée et entretenue devrait atteindre un TRES de 10,0 à 14,0. Un climatiseur central atteint typiquement un TRES de 8,6 à 12,0.

Une PAC sol-eau permet également de réduire appréciablement le coût de l'eau chaude sanitaire. Il importe d'en tenir compte dans le calcul des économies d'énergie possibles.

Quoi de neuf

La technologie des pompes à chaleur a fait beaucoup de progrès depuis quelques années, et la possibilité de sources d'énergie bon marché et «douces» favorise des recherches plus poussées. Ainsi, le Japon élabore actuellement un «système d'accumulation d'énergie à pompe à chaleur» qui a déjà atteint un COP de 7,7 dans des essais. Ce système servira un jour à climatiser de grands immeubles, à alimenter des districts communautaires en eau chaude pour le chauffage et la climatisation des habitations, et à fournir une source de chaleur à l'industrie.

En Suède, où plus de 170 000 PAC sol-eau sont déjà utilisées, dont 25 % au nord du cercle polaire arctique, les chercheurs se penchent sur des systèmes à charge de chauffage élevée, mais dont le pouvoir de refroidissement est limité.

Aux États-Unis, les recherches sur les PAC sol-eau sont axées sur la forte demande de climatisation dans les États du sud.

Tous ces progrès sont prometteurs pour le Canada, où les deux genres de technologies serviront à augmenter le pouvoir calorifique et réfrigérant.

Les recherches de pointe au Canada englobent des systèmes mécaniques intégrés (SMI) alimentés par des pompes à chaleur. Les SMI réunissent différents systèmes mécaniques pour assurer le chauffage et le refroidissement des locaux, l'eau chaude sanitaire, la ventilation et les échanges thermiques.

Avantages et limites

Il n'existe aucun système idéal de chauffage et de refroidissement qui s'appliquerait à toutes les maisons. Parmi les nombreux systèmes de chauffage qui sont offerts aux propriétaires canadiens, chacun possède certains avantages. Le système de chauffage retenu doit correspondre aux exigences de la maison et du propriétaire.

Les exigences de la maison englobent des aspects comme la charge de chauffage, la demande de froid et d'autres fonctions comme l'eau chaude sanitaire. Pour ce qui est du propriétaire, le système doit satisfaire certains besoins comme le confort, la commodité, la sécurité et le coût.

Avant de pouvoir décider si une PAC sol-eau représente un bon choix, le constructeur-concepteur doit bien connaître les caractéristiques des PAC sol-eau et comment elles peuvent répondre aux exigences de construction et aux besoins des propriétaires.

Exigences de la maison

Coûts d'exploitation

Les PAC sol-eau représentent une source de chaleur et de froid très efficace, et cela se traduit immédiatement par des coûts d'exploitation plus faibles, ce qui est nettement avantageux dans le cas d'une charge élevée de chauffage-refroidissement.

Fonctions

Les fonctions supplémentaires d'une PAC sol-eau, le refroidissement et l'eau chaude sanitaire, la rendent encore plus commode pour le propriétaire. Elles entraînent également de plus grandes économies, puisque le rendement élevé du système répond à un plus grand nombre de besoins domestiques et puisque le système entraîne des économies tout au long de l'année.

Compatibilité

Du point de vue de la conception, les PAC sol-eau sont compatibles avec les systèmes de ventilation mécaniques exigés par le Code du bâtiment dans les maisons contemporaines plus étanches et à haut rendement énergétique. Lorsqu'on installe une PAC sol-eau, il est possible que les systèmes de chauffage, de refroidissement et de ventilation partagent le même réseau de distribution, et les critères de calcul pour l'emplacement des grilles de distribution et de reprise d'air peuvent être semblables.

Limites

Les PAC sol-eau comportent certaines limites. La plus évidente et la plus désavantageuse est le coût. Les pompes à chaleur sol-eau représentent nettement le système de chauffage le plus dispendieux à installer. Même lorsque la période de récupération est jugée favorable, le coût initial risque d'entraver la décision d'installer une PAC sol-eau.

Bien que les PAC sol-eau soient considérées comme une technologie relativement douce pour l'environnement, une certaine préoccupation a été suscitée par le risque de pollution sous l'effet des chlorofluorocarbures associés à l'antigel dans le fluide en circulation. Cette préoccupation semble légitime, mais il existe peu de cas documentés dans la littérature. En général, on recommande le propylèneglycol. Il n'est pas corrosif, ce qui réduit les risques de fuites. De plus, le propylèneglycol est biodégradable : il se décompose à 85 % en 22 jours.

Emplacement

En général une PAC sol-eau peut être placée n'importe où. Si un appareil de forage peut se rendre sur les lieux, il est possible d'installer les tubes dans le sol. Des conditions pédologiques comme un sol rocheux peuvent augmenter les frais d'installation, et rendre le système économiquement irréaliste.

L'adaptation d'installations existantes va causer des dégâts à l'aménagement paysager.

Besoins du propriétaire

Tout système de chauffage-refroidissement doit satisfaire certaines exigences du propriétaire en ce qui concerne le confort, la commodité, le coût et la sécurité.

Confort

Les critères de confort englobent la température, l'humidité et la qualité de l'air, et les PAC sol-eau offrent des avantages dans tous ces domaines. La flexibilité du système permet de passer facilement du chauffage au refroidissement. C'est là un atout important durant le printemps et l'automne, lorsque la température extérieure peut varier considérablement. Une PAC sol-eau en mode refroidissement assure la déshumidification au besoin. Elle fait appel à une distribution d'air pulsé, et elle s'adapte complètement aux réseaux de conduits des systèmes de ventilation modernes. Puisque le même réseau de distribution sert à la fois au chauffage et au refroidissement, les coûts d'installation sont moins élevés.

Entretien

Les pompes à chaleur sol-eau exigent peu d'entretien. En ce qui concerne le propriétaire, il suffit de changer le filtre à air deux fois par année.

Pour le reste (nettoyage des échangeurs de chaleur, inspection et nettoyage du réseau de conduits, inspection et nettoyage des grilles et registres) il convient une fois par année de faire appel aux services d'un entrepreneur compétent.

Les frais d'entretien annuels d'une PAC sol-eau ne devraient pas être supérieurs aux frais d'entretien associés à un générateur de chaleur au mazout ou au gaz.

À noter toutefois qu'une PAC sol-eau fournit de la chaleur à une température moins élevée que les générateurs de chaleur à résistances électriques ou à combustibles fossiles. Les propriétaires doivent en tenir compte.

Commodité

Les PAC sol-eau sont commodes et faciles à entretenir puisqu'un même contrat de service comprend à la fois le chauffage, le refroidissement et l'eau chaude sanitaire. En cas de chauffage d'appoint électrique, on ne fait appel qu'à un service public pour tous les systèmes mécaniques.

À noter toutefois que la pompe à chaleur doit fonctionner pour produire de l'eau chaude. En présence d un désurchauffeur, il en résulte une capacité de chauffage réduite lorsque la PAC sol-eau produit de l'eau chaude.

Coût

Les coûts d'installation d'une PAC sol-eau sont plus élevés que pour d'autres systèmes, mais le coût d'exploitation est beaucoup moindre. Toutefois, un système à puits d'eau peut comporter des coûts de pompage élevés, suivant le type de puits.

Pour le décisionnaire, il s'agit de choisir une application dont la charge de chauffage est suffisamment grande pour entraîner des économies d'exploitation permettant une période de récupération acceptable pour le propriétaire. Les coûts sont décrits plus en détail dans la prochaine section.

Sécurité

Les PAC sol-eau offrent une bonne mesure de tranquillité. Tout d'abord, il n'y a pas de combustion et donc aucun risque de gaz de combustion pour affecter la qualité de l'air dans les locaux. Deuxièmement, la PAC sol-eau est fiable et elle a une longue vie, typiquement de 20 à 25 années. Troisièmement, les PAC sol-eau comportent des techniques bien établies qui ont l'appui des grands services publics d'électricité.

Elles offrent également une sécurité pour l'avenir. Elles font appel à une technologie qui est saine pour l'environnement; les deux tiers de l'énergie employée dans une PAC sol-eau représentent de l'énergie solaire renouvelable emmagasinée dans la terre. Du point de vue de l'environnement, les PAC sol-eau peuvent remplacer des systèmes à combustibles fossiles, et elles réduisent donc les émissions de CO_2 qui provoquent le réchauffement du globe. De plus, les économies d'énergie qu'elles entraînent correspondent à une réduction de la demande

de crête des services publics d'électricité et à des exigences moindres pour la génération et la transmission d'électricité. Puisque les PAC sol-eau représentent une technologie plus douce pour l'environnement, elles sont moins sensibles à d'éventuelles contraintes d'approvisionnement ou écologiques, et elles constituent donc un placement plus sûr pour le propriétaire.

Dans certaines régions, les compagnies d'assurance offrent une remise de 5 % sur l'assurance- incendie lorsqu'on a installé une PAC sol-eau.

Coûts types

Coûts après installation

Les pompes à chaleur sol-eau comportent ordinairement des coûts d'investissements plus élevés que d'autres systèmes de chauffage. Ces coûts peuvent varier considérablement, les frais d'installation moyens atteignant 10 000 $ environ.

Coûts d'exploitation et périodes de récupération typiques

Bien que les pompes à chaleur sol-eau coûtent plus cher à installer, leurs coûts d'exploitation moins élevés entraînent une période de récupération attrayante. Cette période s'étend typiquement sur 3-6 années et couvre les coûts différentiels relativement à d'autres systèmes de chauffage.

72 % relativement aux générateurs de chaleur au mazout
65 % relativement aux générateurs de chaleur électriques
59 % relativement aux générateurs de chaleur standard au gaz
52 % relativement aux pompes à chaleur sur air
44 % relativement aux générateurs de chaleur à haut rendement au gaz
30 % relativement aux climatiseurs à haut rendement
50 % pour l'eau chaude sanitaire

Les économies d'exploitation effectivement réalisées varient en fonction de facteurs comme l'emplacement, qui a un effet sur le coût des combustibles et de l'électricité. Le recours à une pompe à chaleur entraîne une utilisation moindre de gaz ou de mazout, mais une plus grande consommation d'électricité. Dans une région où le coût de l'électricité est élevé, les économies d'exploitation peuvent être moins attrayantes. Les PAC sol-eau sont plus rentables lorsqu'on s'en sert durant toute l'année pour remplacer les coûts de climatisation aussi bien que les coûts de chauffage. Si la demande de froid est faible ou inexistante, les économies d'exploitation sont moins élevées.

De plus, à cause du coût en capital initial plus élevé, les dimensions d'une PAC sol-eau auront une influence sur la période de récupération; plus la charge de chauffage est grande, plus les coûts seront amortis rapidement.

Critères de sélection

Le concepteur-constructeur qui songe à une PAC sol-eau pour une nouvelle maison doit déterminer :

- si la maison se prête à un tel système,
- quelles exigences de conception particulières doivent être satisfaites,
- quelles seront les répercussions sur les travaux de construction.

Pour qu'une maison se prête à l'installation d'une PAC sol-eau, elle doit satisfaire la plupart des conditions ci-dessous.

Système à boucle ouverte :

✓ alimentation suffisante en eau
✓ eau de bonne qualité
✓ rejet convenable
✓ sol qui se prête au forage
✓ chauffage-refroidissement durant toute l'année
✓ accès à un fournisseur-installateur autorisé par l'ACES
✓ accès à une entreprise de forage

Système à boucle fermée :

✓ surface suffisante dans le cas d'une boucle horizontale
✓ sol qui se prête au forage ou à des tranchées
✓ chauffage-refroidissement durant toute l'année
✓ coût raisonnable de l'électricité
✓ accès à un fournisseur-installateur autorisé par l'ACES
✓ accès à une entreprise de forage ou d'excavation

Dimensionnement

Les pompes à chaleur sol-eau sont dimensionnées différemment des autres systèmes de chauffage. Elles fournissent généralement une quantité égale de chaleur et de froid. Toutefois, les charges de chauffage et de refroidissement d'une maison peuvent varier considérablement. Par conséquent, une PAC sol-eau devant fournir 100 % de la chaleur aurait une puissance de refroidissement trop élevée, et serait une source d'inconfort à certains moments de l'année. Inversement, une PAC sol-eau conçue de façon à fournir 100 % de la demande de refroidissement serait souvent trop petite pour répondre aux besoins de chauffage.

Il existe deux façons de dimensionner les PAC sol-eau : la méthode de chauffage et la méthode d'équilibrage.

La méthode de chauffage se fonde sur un sous-dimensionnement de 30 % de la demande globale de chaleur, un chauffage d'appoint étant utilisé pour les périodes de pointe.

La méthode d'équilibrage tient compte des conditions écologiques locales, de même que de la qualité de la construction et du mode de vie des occupants. Cette méthode représente un compromis entre le surdimensionnement et le sous-dimensionnement.

La méthode de calcul adoptée dépend généralement des caractéristiques techniques (production).

Les calculs de dimensionnement devraient être effectués par des entrepreneurs agréés.

Conception d'une pompe à chaleur sol-eau

Les services de conception et d'installation des PAC sol-eau sont fournis par des entrepreneurs compétents qui sont autorisés par l'ACES. L'installation d'une PAC sol-eau a des répercussions sur le système mécanique de la maison, la plomberie, l'aménagement du sous-sol, le réseau de conduits et l'aspect extérieur, y compris les dépendances, le paysagisme et les travaux de terrassement. Si la PAC sol-eau est destinée à une nouvelle maison, il est bon que l'entrepreneur de pompe à chaleur participe au processus de conception dès le début.

Nouvelles maisons

Dans la conception d'une PAC sol-eau, l'entrepreneur doit d'abord établir un choix entre une boucle fermée dans le sol et un système ouvert avec source d'eau. Il faut également choisir un système de distribution convenable et un chauffage d'appoint dès l'étape de la conception.

Une PAC sol-eau qui fait appel à de l'eau de puits permet des économies d'installation appréciables s'il existe déjà un puits sur place. D'autre part, un système ouvert à boucle lacustre peut comporter certains inconvénients :

- Si l'eau rejetée n'est pas acheminée vers le puits, des quantités d'eau appréciables sont gaspillées.
- Un recours à l'eau risque d'entraîner des problèmes d'encrassement, de corrosion ou d'érosion.
- L'alimentation en eau peut être influencée par une baisse de la nappe phréatique ou d'autres circonstances.

Une boucle fermée dans le sol permet d'éviter les problèmes d'entretien, de gaspillage et d'approvisionnement associés aux systèmes qui font appel à l'eau, et elles utilisent moins d'énergie pour le pompage. Toutefois, les coûts d'installation sont plus élevés que si on fait appel à un puits existant, et les travaux d'installation peuvent perturber l'aménagement paysager.

En ce qui concerne l'eau chaude sanitaire, il existe trois types de pompes à chaleur. Le premier type n'en offre pas du tout. Le second offre une eau chaude sanitaire d'appoint. Le troisième type est un système spécialisé ou sur demande, et il fournit 100 % des besoins en eau chaude sanitaire.

Avant de choisir un système, l'acheteur devrait s'assurer que le produit porte une mention de sécurité électrique de la CSA, ainsi

qu'une étiquette de l'ACES indiquant le coefficient de performance de l'appareil conformément à la norme CSA 446.

En plus des éléments essentiels que sont la boucle de captage et la pompe à chaleur, il faut prévoir un système de soufflage de l'air et une source de chaleur d'appoint. (Remarque : la source de chaleur d'appoint comble les «lacunes» durant les périodes de demande maximale; elle ne sert généralement que 5 % du temps.)

Le choix d'une source de chaleur d'appoint dépend de la charge de chauffage, du coût des combustibles et de l'électricité et des frais d'installation. Certains systèmes font appel à un générateur de chaleur au mazout ou au gaz. Dans une région où la charge de chauffage supplémentaire est faible et où le coût de l'électricité est peu élevé, un simple chauffe-conduit peut représenter la meilleure solution.

Une saine planification au moment de la conception peut également faciliter l'installation d'une pompe à chaleur. Il convient de prévoir les dépendances, le paysagisme et les autres équipements souterrains de façon à éviter tout obstacle pour la boucle enfouie dans le sol et permettre les travaux à la pelle mécanique. Le concepteur doit tenir compte de l'emplacement de la pompe à chaleur à l'intérieur de la maison et des ouvertures requises dans le mur de fondation.

Transformation d'installations existantes

Plusieurs des critères qui permettent de décider si une maison se prête à une PAC sol-eau s'appliquent également à la transformation d'une installation existante. Toutefois, il faut alors tenir compte de certains aspects supplémentaires. Ainsi, tandis que pour une nouvelle maison il suffit de comparer la PAC sol-eau à d'autres systèmes de chauffage, dans le cas d'une installation existante il faut tenir compte d'un plus grand nombre d'options pour réduire les coûts énergétiques. Les autres options englobent :

- une amélioration de l'enveloppe du bâtiment,
- une amélioration du système de chauffage, par exemple l'installation d'un générateur de chaleur à haut rendement.

De façon générale, une pompe à chaleur convient le mieux lorsque l'enveloppe du bâtiment a déjà été améliorée ou lorsque les circonstances ne s'y prêtent pas. Une PAC sol-eau est un choix particulièrement heureux pour une maison historique en brique, en pierre ou en bois rond lorsqu'il ne convient pas d'isoler l'enveloppe existante.

Si le système de chauffage existant doit servir d'appoint à la pompe à chaleur, l'entrepreneur devrait s'assurer que le système existant fonctionne bien.

Il est difficile d'adapter le réseau de conduits d'une maison existante à moins que des travaux de rénovation majeurs ne soient déjà en marche. Les conduits existants risquent de ne pas être assez larges, car une pompe à chaleur exige généralement des débits d'air de 20 à 30 % plus élevés que ce n'est le cas pour un système de soufflage de l'air.

Répercussions sur les travaux de construction

L'installation d'une PAC sol-eau exige typiquement la participation d'un fournisseur-installateur de pompes à chaleur et d'une entreprise de forage ou de creusement de tranchées. Dans la plupart des cas, le fournisseur-installateur est entièrement responsable du recrutement et du jalonnement des corps d'état du second oeuvre; c'est lui qui veille à la bonne marche des travaux et qui s'assure que ceux-ci répondent aux exigences de la norme de conception et d'installation CAN/CSA-C445-M89.

Le constructeur pour sa part devrait tenir compte de certaines considérations pratiques comme la séquence des travaux. Par exemple :

- travaux de forage ou de remblayage pour la boucle dans le sol,
- ouvertures dans le mur de fondation sous le niveau du sol.

Dans le cas d'une nouvelle construction, il est plus efficace de placer des manchons dans le mur de fondation à mesure que le béton est coulé. Dans le cas d'un mur de blocs ou d'une installation existante, ces ouvertures exigent des travaux de forage. Les tranchées devraient être planifiées conjointement avec le propriétaire et les autres participants. Une tranchée large creusée à l'aide d'une pelle mécanique facilite l'installation, mais cause plus de dégâts à l'aménagement paysager. Pour la transformation d'une installation existante, le propriétaire préfère parfois une tranchée plus étroite qui se laisse réparer plus facilement.

Pompes à chaleur sol-eau
Comparaisons

Introduction

Le système de chauffage, dont le choix représente une décision extrêmement importante, est largement responsable du niveau de confort durant la saison de chauffage. Il doit donc être facile à entretenir et fonctionner de façon fiable et sûre. Un système de chauffage domestique est également l'appareil qui coûte le plus cher à utiliser. Environ 70 % de l'énergie globale consommée dans une maison moyenne sert au chauffage des locaux. Par conséquent, le système de chauffage devrait comporter des coûts d'exploitation peu élevés et maximiser le combustible utilisé.

Trop souvent, toutefois, la décision est reportée au dernier instant, et elle se fonde entièrement sur le coût après installation, l'appareil le moins dispendieux ayant alors la priorité.

Une telle démarche ne garantit pas que le système de chauffage sera le mieux adapté aux dimensions et à l'emplacement de la maison en question, ni le plus convenable pour les occupants qui devront veiller à la performance soutenue de l'équipement.

Avant de pouvoir établir le meilleur choix d'un système de chauffage, il faut tenir compte de certains autres facteurs. La présente section décrit cinq critères : le coût en capital de l'équipement, les coûts d'exploitation, les coûts d'entretien, la qualité de l'air intérieur et l'environnement au point d'utilisation.

Ces mêmes critères servent à comparer cinq systèmes de chauffage des locaux (électricité, mazout, gaz naturel, pompes à chaleur air-air, pompes à chaleur sol-eau).

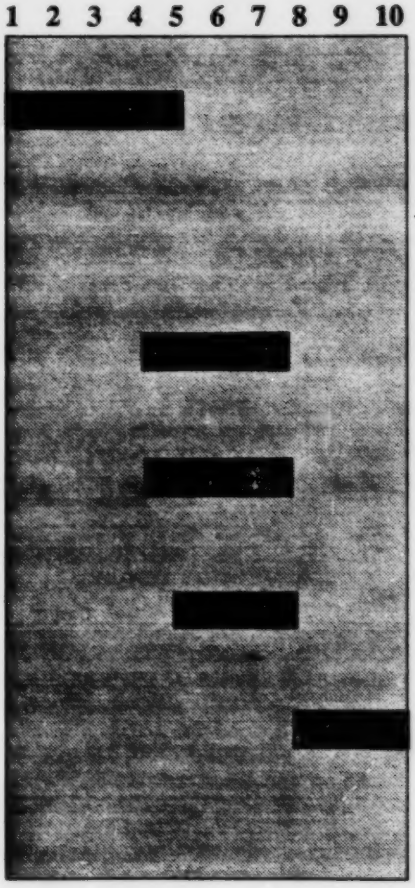
Une espèce d'«échelle mobile» permet de comparer les différents systèmes. L'échelle est graduée de 1 à 10. Ces chiffres ne représentent pas une évaluation quantitative, c'est-à-dire qu'un système n'est pas nécessairement trois ou quatre ou cinq fois supérieur à un autre. L'évaluation est qualitative; selon le cas, un système est plus dispendieux qu'un autre, plus facile à entretenir, etc.

Il n'est pas question de tirer des conclusions. Il y a trop de variables, depuis le climat jusqu'à l'emplacement, pour qu'on puisse toujours savoir quel est le «meilleur» système de chauffage. Souvent, un système peut convenir aussi bien qu'un autre. Ce qui importe, c'est qu'on puisse prendre une décision après avoir bien comparé les différents choix à l'aide de connaissances aussi solides que possible.

Coût en capital

Le coût en capital englobe à la fois le coût de l'équipement et les frais d'installation. Le coût de l'équipement comprend pour sa part le coût de l'«appareil» et le coût du réseau de distribution. Il est important de reconnaître que le coût le moins élevé ne représente pas nécessairement le meilleur choix. De plus, des coûts plus élevés pour tel autre système doivent être équilibrés en fonction des frais d'exploitation et d'entretien pendant la durée de vie de l'équipement.

L'échelle du côté droit indique le coût relatif en capital pour chacun des systèmes de chauffage. La barre pleine représente la gamme des coûts possibles en capital depuis le moins élevé jusqu'au plus élevé. La barre hachurée représente le coût en capital de l'équipement en présence d'une climatisation centrale.



Résistance électrique

- Les coûts majeurs couvrent l'installation de l'équipement. Dans le cas d'un système à air pulsé, il faut inclure le coût des conduits.
- Dans le cas d'une maison existante, il faut parfois moderniser les équipements.

Mazout

- Les appareils plus efficaces coûtent plus cher. Il faut inclure le coût des conduits.

Gaz naturel

- Les appareils plus efficaces coûtent plus cher. Il faut inclure le coût des conduits.

Pompe à chaleur air-air

- Le coût dépend de la taille de l'appareil. Plus un appareil est grand, plus il coûte cher. Il faut inclure le coût des conduits.

Pompe à chaleur sol-eau

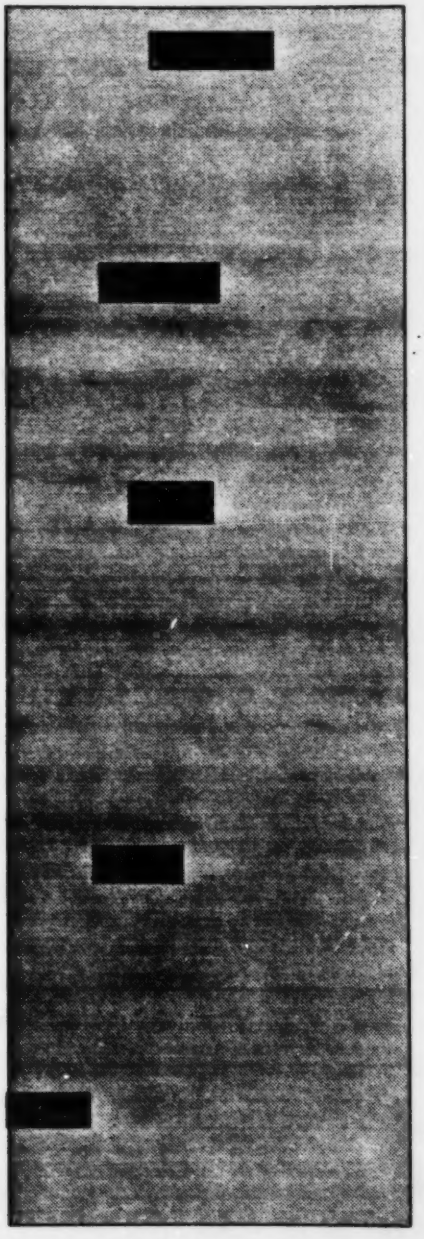
- En moyenne, c'est le système qui coûte le plus cher pour ce qui est du coût en capital.
- Sert de climatiseur durant la saison chaude.
- Peut fournir de l'eau chaude sanitaire.
- Il faut inclure le coût des conduits.

Coûts d'exploitation

L'accessibilité du combustible est un élément majeur du choix d'un système de chauffage. Il faut également tenir compte de l'évolution des prix du combustible au cours des années. De plus, l'efficacité est importante : le système de chauffage utilise-t-il le combustible de façon optimale?

L'échelle du côté droit indique les frais d'exploitation de chaque système de chauffage. Les prix renvoient à l'année 1990.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



Résistance électrique

- Accessible dans la plupart des régions du Canada.
- Les coûts de l'électricité varient entre 5¢ par kWh dans le sud du pays et 75¢ par kWh dans le nord.
- Le coût de la chaleur électrique à destination a doublé au cours des années 80.

Mazout

- Accessible dans la plupart des régions du Canada. Le coût du mazout varie entre 29¢ et 33¢ le litre.
- Le coût de la chaleur produite au mazout à destination a plus que doublé au cours des années 80.
- Gamme de performance entre 65 et 90 %.

Gaz naturel

- Accessible dans la plupart des régions du Canada. Le coût du gaz naturel est de 22¢ le m^3 et plus.
- Gamme de performance entre 65 et 90 %.
- Le coût de la chaleur produite au gaz naturel à destination a monté de 90 % au cours des années 80.
- Les frais d'exploitation peuvent englober un tarif mensuel minimum pour le service et un versement mensuel peu élevé pour la location de l'équipement durant les mois d'été même sans utilisation de gaz.

Pompe à chaleur air-air

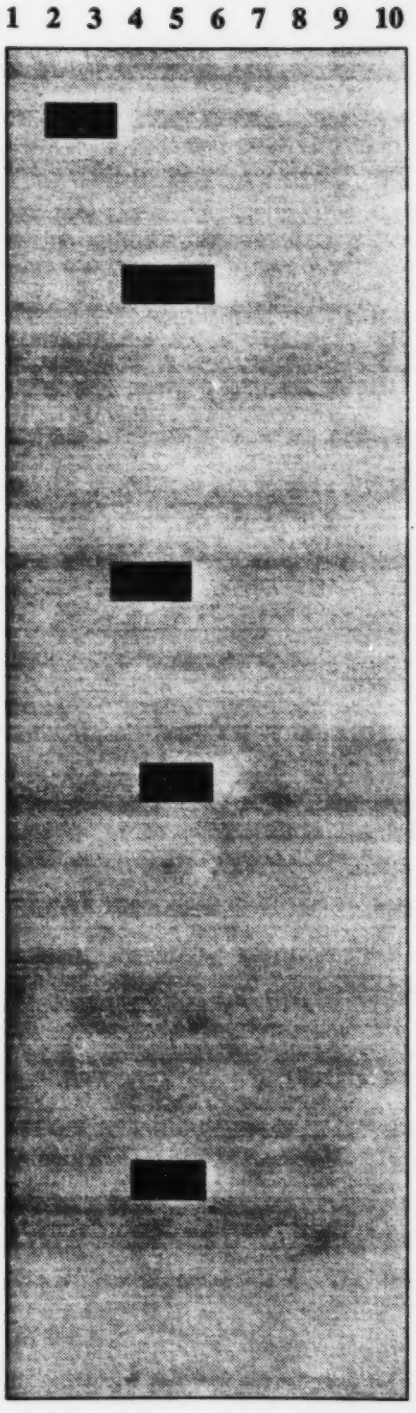
- Le COP diminue à mesure que la température baisse, car il est plus difficile de puiser de la chaleur dans de l'air plus froid.
- Les frais d'exploitation sont plus faibles que pour d'autres systèmes de chauffage à cause des économies en combustible.

Pompe à chaleur sol-eau

- COP minimum de 3,0.
- Le coût d'exploitation devrait être le moins élevé à cause des économies d'énergie.

Coûts d'entretien

Tous les appareils de chauffage et de refroidissement des locaux exigent une forme quelconque d'entretien suivi. L'entretien est parfois hebdomadaire ou mensuel; dans la plupart des cas, il est annuel. D'autre part, il y a toujours une possibilité de panne, de vieillissement et de remplacement.



Résistance électrique

- Exige peu d'entretien; il faut passer l'aspirateur sur les serpentins deux fois par année.
- L'équipement est facilement accessible.

Mazout

- Exige un entretien appréciable tant de la part du propriétaire que de l'entrepreneur en chauffage. Il convient de changer les filtres chaque mois, et les grilles doivent être libres de tout obstacle. Nettoyage périodique de la cheminée. Une vérification professionnelle devrait avoir lieu une fois par année.
- L'équipement est facilement accessible.

Gaz naturel

- Exige peu d'entretien de la part du propriétaire, mais une vérification professionnelle devrait avoir lieu une fois par année.
- L'équipement (filtres et grilles) est facilement accessible.

Pompe à chaleur air-air

- Exige périodiquement un certain entretien de la part du propriétaire (nettoyage des filtres, veiller à ce que les grilles et les conduits soient libres de tout obstacle).
- Il faut un contrat de service pour l'examen du niveau de frigorigène et pour les rajustements électriques ou mécaniques.
- Les frais d'entretien s'élèvent en moyenne à 50-100 $ par année.
- L'équipement est facilement accessible, mais il se trouve à l'extérieur de la maison, ce qui rend la tâche parfois désagréable par temps froid.

Pompe à chaleur sol-eau

- Exige périodiquement un certain entretien de la part du propriétaire (nettoyage des filtres, veiller à ce que les grilles et les conduits soient libres de tout obstacle).
- Une bonne partie de l'entretien devrait relever d'un contrat de service annuel d'une entreprise compétente.
- Puisque l'équipement est à l'intérieur, il est facilement accessible.

Qualité de l'air intérieur

La plupart des constructeurs et des concepteurs savent bien qu'il faut accorder une importance accrue à la qualité de l'air intérieur, surtout à mesure que les techniques de construction rendent l'enveloppe des bâtiments plus étanche. Toutefois, on trouve des solutions après coup, c'est-à-dire qu'on augmente la ventilation, par exemple, au lieu d'empêcher la pollution à la source. Or un système de chauffage peut représenter une source majeure de pollution de l'air intérieur.

Résistance électrique

- Il existe une certaine préoccupation que la poussière et le pollen peuvent «rôtir» sur les serpentins et se décomposer en hydrocarbures complexes et possiblement cancérogènes. Les personnes qui ont des allergies et d'autres sensibilités chimiques sont particulièrement touchées.
- Une combinaison d'humidité élevée et de ventilation insuffisante risque d'entraîner des moisissures.

Mazout

- Les produits d'une combustion incomplète (oxyde de carbone, gaz carbonique, oxydes azotiques, anhydride sulfureux et certains hydrocarbures) peuvent pénétrer la maison sous l'effet du refoulement (lorsque l'écoulement dans la cheminée est inversé à cause d'une pression négative de l'air intérieur). Risque d'un débordement de combustion lorsque le générateur de chaleur démarre, ou de problèmes mécaniques comme un brûleur encrassé ou un échangeur de chaleur fissuré.
- Humidité élevée sous l'effet d'un débordement.

Gaz naturel

- Les produits d'une combustion incomplète (oxyde de carbone, gaz carbonique, oxydes azotiques, anhydride sulfureux et certains hydrocarbures) peuvent pénétrer la maison sous l'effet du refoulement (lorsque l'écoulement dans la cheminée est inversé à cause d'une pression négative de l'air intérieur). Risque d'un débordement de combustion lorsque le générateur de chaleur démarre, ou de problèmes mécaniques comme un brûleur encrassé ou un échangeur de chaleur fissuré.
- Humidité élevée sous l'effet d'un débordement.

Pompe à chaleur air-air

- Une combinaison d'humidité élevée et de ventilation insuffisante peut entraîner des moisissures.

Pompe à chaleur sol-eau

- Une combinaison d'humidité élevée et de ventilation insuffisante peut entraîner des moisissures.

Environnement extérieur - au point d'utilisation

Il n'y a pas beaucoup de constructeurs et de concepteurs qui tiennent compte de l'effet qu'un système de chauffage peut avoir sur la qualité de l'environnement extérieur. À mesure que les acheteurs de maison se sensibilisent à l'importance globale de l'environnement, la maison elle-même sera examinée de plus en plus soigneusement. Par conséquent, la qualité de l'environnement extérieur devrait également être considérée. Contrairement aux appareils de combustion, les pompes à chaleur air-air et sol-eau ne rejettent pas à l'atmosphère des gaz comme les oxydes sulfureux et azotiques et la chaleur excédentaire.

Les pompes à chaleur sol-eau offrent également l'avantage d'un fonctionnement extrêmement silencieux. De plus, puisque toutes les installations sont enfouies sous terre, ou placées à l'intérieur de la maison, les qualités esthétiques ne sont pas menacées.

Pompes à chaleur sol-eau
Exemples concrets

Renfrew (Ontario)
PAC sol-eau installée dans une maison existante

Description

Cette maison de campagne en pierre de 300 m^2 a été construite en 1852 près de Renfrew en Ontario. Avant sa transformation, la maison était chauffée au mazout (consommation de près de 7 000 litres de mazout par année).

Le coût du chauffage étant devenu exorbitant, on a décidé de remplacer le système existant par une pompe à chaleur sur sol. La pompe à chaleur dans ce cas comportait une boucle fermée noyée dans le sol.

Détails techniques

La PAC sol-eau a un pouvoir calorifique de 13 kW pour une température du sol de 0 °C. L'appareil fournit 4,7 kW pour une température du sol de 2 °C, et sa production maximale atteint 5 kW en mode refroidissement. La pompe à chaleur est munie de commandes entièrement réglables, et elle peut recevoir un réservoir à eau chaude de 273 litres. L'installation répond à tous les besoins ordinaires de chaleur grâce à un chauffage d'appoint électrique.

Le capteur comporte 384 m de tubes de polyéthylène de 32 mm enfouis en deux boucles horizontales à une profondeur de 90 cm dans le gazon adjacent. Le fluide caloporteur est une solution d'eau et d'antigel.

Analyse économique

Coût global de l'équipement et de l'installation, y compris les tubes et les travaux de génie civil :

- 10 200 $

Générateur de chaleur conventionnel au mazout avec climatisation électrique et eau chaude au choix :

- 5 500 $

Coût net supplémentaire de la PAC sol-eau :

- 4 800 $

Consommation annuelle antérieure de mazout :

- 2 343 $ (6 600 litres)

Énergie électrique pour l'eau chaude :

- 300 $

Coût global annuel antérieur de l'énergie :

- 2 643 $

Coût annuel de l'énergie pour la PAC sol-eau :
- 685 $

Chaleur d'appoint électrique :
- 96 $

Coût global annuel actuel de l'énergie :
- 781 $

Économies annuelles sur le coût de l'énergie :
- 1 862 $

Période de récupération :
- 2,6 années

Avantages

Les maisons construites récemment sont conçues de façon à conserver l'énergie thermique, de sorte que le coût des sources d'énergie conventionnelles comme l'électricité, le mazout ou le gaz naturel à haut rendement est relativement bon marché. Or les maisons construites il y a 50 à 150 ans n'offraient pas les avantages des techniques de construction modernes. Par conséquent, de nombreuses vieilles maisons doivent être abandonnées ou démolies à cause des coûts exorbitants du chauffage ou de la modernisation.

Amherst (Nouvelle-Écosse)
Pompe à chaleur à boucle ouverte

Description

La PAC sol-eau a été installée dans une nouvelle maison à mi-étages de 185 m^2 avec un sous-sol partiellement aménagé.

Les propriétaires ont décidé d'installer une PAC sol-eau à cause de son coût d'exploitation peu élevé et parce qu'ils cherchaient un système de chauffage relativement indépendant. De plus, il fallait de toute façon creuser un puits comme source d'eau domestique, de sorte qu'il ne restait plus qu'à creuser un puits de rejet pour la PAC sol-eau.

Détails techniques

La PAC sol-eau a un pouvoir calorifique de 47 000 BTU/h et un pouvoir réfrigérant de 36 000 BTU/h.

L'appareil compte également un désurchauffeur pour la production d'eau chaude sanitaire supplémentaire.

Le système comporte deux puits, c'est-à-dire un puits d'alimentation et un puits de rejet. Le puits d'alimentation sert également à la fourniture d'eau chaude sanitaire.

Performance

On a estimé qu'un système de chauffage conventionnel au mazout coûterait 694 $ par année. La PAC sol-eau, qui fournit chaleur, eau chaude et climatisation, coûte 460 $ par année.

Analyse économique

Coût global de l'équipement et de l'installation, y compris les tubes et les travaux de génie civil :
- 7 700 $

Système de chauffage conventionnel au mazout :
- 6 000 $

Coût net supplémentaire de la PAC sol-eau :
- 1 700 $

Consommation approximative de mazout par année :
- 694 $

Coût annuel de l'énergie pour la PAC sol-eau :
- 325 $

Économies annuelles réalisées sur le coût de l'énergie .
- 369 $

Période de récupération :
- 4,6 années

Avantages

- Coûts d'exploitation moins élevés
- Amélioration de la distribution et de la qualité de l'air
- Déshumidification
- Pas besoin d'une cheminée
- Un seul appareil assure le chauffage, la climatisation et l'approvisionnement en eau chaude sanitaire
- Fonctionnement non polluant

Pompes à chaleur sol-eau
Fermes de la Saskatchewan

Description

Cinq PAC sol-eau ont été installées dans des régions rurales de la Saskatchewan, et elles ont été surveillées pendant deux ans par le Saskatchewan Research Council.

La Saskatchewan, avec sa nombreuse population rurale et ses besoins élevés en chauffage des locaux, semblerait un endroit idéal pour des PAC sol-eau. Toutefois, il existe une perception générale qu'il fait trop froid dans les provinces des Prairies pour que des pompes à chaleur fonctionnent bien, sauf dans des conditions très spéciales. La présente étude semble prouver le contraire.

Les systèmes à l'étude englobent trois puits, une boucle lacustre et une boucle dans le sol.

Détails techniques

Les emplacements ont été choisis de façon à fournir un choix représentatif de divers types de PAC sol-eau, de même que des maisons de style différent (voir le tableau 1 : détails au sujet de l'emplacement).

Chaque PAC sol-eau a été conçue de façon à fournir à la fois de la chaleur et du froid. Un désurchauffeur d'eau chaude sanitaire était également offert comme choix.

EMPLACEMENT	TYPE	AIRE DE PLANCHER (m^2)	ENDROIT
Puits sur place	2 étages	372	Terrain
Puits vers un terrain marécageux	Bungalow	158	Ferme
Puits dans un champ	2 étages	201	Champ
Boucle enfouie dans le sol	Mi-étages	200	Champ
Boucle lacustre	2 étages	186	Terrain

Tableau 1 : Détails au sujet de l'emplacement

Performance

D'un point de vue financier, la PAC sol-eau représentait le système le moins cher pour quatre des cinq maisons. L'installation de la boucle dans le sol a coûté 3 000 $ de plus que l'installation d'un système de chauffage au gaz naturel avec climatisation.

Les frais annuels d'exploitation étaient également moins élevés, sauf dans le cas d'un chauffage au gaz à rendement moyen ou élevé (voir le tableau 2 : performance).

EMPLACEMENT*	CPS	COP	
		MESURÉ	FABRICANT
Puits sur place	2,24	3,14	3,38
Puits vers un terrain marécageux	2,28	3,17	3,28
Puits dans un champ	1,91	2,50	3,15
Boucle enfouie dans le sol	1,68	2,52	3,02
Boucle lacustre	-	-	2,90

Tableau 2 : Performance

*Résultats obtenus pour l'hiver 1987-1988

Analyse économique

On a comparé les PAC sol-eau à des systèmes de chauffage conventionnels à l'aide d'une «méthode de valeur actuelle» au lieu d'un simple calcul d'amortissement. La valeur actuelle évalue, pour chaque système de chauffage, le coût global de l'installation et les frais de fonctionnement pour une durée de vie fixée à 15 années. Les calculs se fondent sur les paramètres ci-dessous :

- coût du système de chauffage et de refroidissement après installation,
- frais de fonctionnement annuels,
- taux d'intérêt,
- durée de vie de l'équipement.

Puisqu'il s'agit d'une analyse comparative, on omet les coûts communs aux différents systèmes. La comparaison porte sur les coûts suivants (voir le tableau 3 : analyse de la valeur actuelle pour cinq emplacements).

EMPLACEMENT	COÛT APRÈS INSTALLATION ($)	EFFIC. (%)	COÛT ANNUEL	TAUX D'INTÉRÊT	VALEUR ACTUELLE ($)
Puits sur place					
- pompe à chaleur	7 376	_	686	15	11 388
- gaz naturel	7 900	60	753		12 306
- électricité	5 700	100	1 455		14 209
Puits vers un terrain marécageux					
- pompe à chaleur	4 303	-	484	15	7 133
- gaz naturel	7 200	60	555		10 488
- électricité	2 500	100	1 028		8 513
Puits dans un champ					
- pompe à chaleur	5 000	-	653	15	8 822
- gaz naturel	7 000	60	704		11 117
- électricité	4 300	100	1 119		10 846
Boucle enfouie dans le sol					
- pompe à chaleur	10 000	-	267	15	11 566
- gaz naturel	7 200	60	269		8 775
- électricité	4 500	100	445		7 107
Boucle lacustre					
- pompe à chaleur	5 700	-	593	15	9 172
- gaz naturel	7 000	60	704		11 118
- électricité	4 500	100	1 267		11 911

Tableau 3 : Analyse de la valeur actuelle pour cinq emplacements

Conclusions

Les résultats de cette démonstration ont permis de conclure ce qui suit :

- Les PAC sol-eau permettent de répondre à la charge de chauffage des maisons, même par temps très froid. Des températures extérieures entre -27 et -42 ° ont sévi pendant une semaine environ, sans qu'il n'y ait de difficulté. Durant cette période, le COP a varié entre 2,56 et 3,20. Le chauffage d'appoint n'a pas été utilisé, mais on a fait du feu dans le foyer de quelques-unes des maisons.

- Jusqu'à 60 % des puits recensés dans la province pourraient se prêter à une pompe à chaleur, suivant la charge de chauffage de la maison.

- Les puits n'ont eu aucune difficulté à satisfaire les besoins en eau tant des occupants que de la PAC sol-eau. De plus, la qualité de l'eau n'a pas été affectée par les pompes à chaleur.

- Suivant l'installation, les PAC sol-eau ont entraîné des factures énergétiques deux à trois fois moins élevées que le chauffage électrique avec climatisation. Les pompes à chaleur ont également entraîné des factures énergétiques moins élevées que les systèmes de chauffage conventionnel au gaz naturel. Toutefois, les PAC sol-eau ont suscité des factures énergétiques plus élevées que les systèmes de chauffage au gaz à haut rendement (climatisation comprise).

- D'après la valeur actuelle, les PAC sol-eau ont représenté le choix le meilleur marché dans quatre des cinq maisons à l'étude. Les autres choix étaient le gaz naturel et l'électricité. L'étude s'est fondée sur les coûts d'installation pour 1986.